

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: X2007182010

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

乳化炸药自动化生产技术的研究与实现

Automated production technology research and implementation
of emulsion explosives

周 仁 铸

指导教师姓名: 陈 永 明 副教授

专 业 名 称: 机 械 工 程

论文提交日期: 2010 年 10 月

论文答辩时间: 2010 年 12 月

学位授予日期: 2010 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2010 年 12 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（ ）课题（组）的研究成果，获得（ ）课题（组）经费或实验室的资助，在（ ）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘 要

工业炸药又称民用炸药，是以氧化剂与可燃剂为主体，按照氧化平衡原理构成的爆炸性混合物，属于非理想炸药。乳化炸药指一类用乳化技术制备的油包水乳胶型抗水工业炸药，是以氧化剂水溶液的微细液滴为分散相，悬浮在含有分散气泡或空心玻璃微球的似油类物质构成的连续介质中，形成一种油包水型的特殊乳化体系。近年来，随着爆破技术日益广泛地得到应用，工业炸药的生产工艺技术也得到迅猛发展，产品技术的不断改进，连续化、自动化技术的运用，带来了工业炸药生产技术的提高和生产方式的改变，一批产品性能优良、设备和工艺先进、生产线布局合理、本质安全程度明显提高的花园式现代化炸药生产企业在全国各地涌现，对全行业思想观念的转变和技术水平的提高起到了积极的推动作用。

论文通过对全连续化、自动化乳化炸药生产线建设的必要性及可行性研究，根据生产线产能计算工艺技术参数；再根据工艺技术参数对全连续化、自动化生产工艺和自动控制的方案进行初步设计，然后通过调研分析、论证并利用论证结果提出改进方案；依据该方案对生产设备进行选型；最后通过试生产过程对设备进行调试和优化工艺参数，寻求最佳工艺参数，从而实现全连续化、自动化乳化炸药生产线的高质量、高效率 and 安全性。

论文第一部分分析了国家行业管理部门在民爆行业政策、资金等方面的调整，对近年来全国民爆行业的技术发展状况和行业技术发展规划进行简要的介绍，指出连续化、自动化生产技术的重要性，并进一步提出本文所要研究的问题。

论文第二部分介绍了工业炸药理论，简单叙述乳化炸药的特点，着重介绍了连续化、自动化乳化炸药生产线的工艺技术特点，并对当前国内外同类研究、同类技术进行了综合比较。

论文第三部分介绍了生产系统技术改造的总体设计思想、技术途径和工艺技术路线，对生产系统技术改造进行了安全性分析；介绍了生产系统的主要设备选型并设备进行了安全性分析。

论文第四部分主要介绍了硝酸铵溶液系统的应用和连续化自动化乳化炸药制药工艺技术，通过选用喷淋式钢带冷却凉药设备来提高凉药效率和减少在线存药量，采用快速敏化发泡技术系统实现半成品的自动连续发泡，装药机的加料由

送药皮带完成，实现了连续供料，从而实现了全连续化炸药生产工艺。

论文第五部分介绍了自动化控制系统的总体结构，硝酸铵溶液系统、连续制药和连续敏化自动控制系统的的设计，结合自动传感、远程视频监控、微机控制，实现制药、凉药和敏化工序生产过程的全自动化控制，提高生产的本质安全和设备运行的可靠性。

论文第六部分介绍了试生产工作计划方案，在设备空车调试的基础上进行带料试车，对生产系统进行小批量试车、全线小批量试产、全线批量试产几个阶段的调试，对现场存在的问题及时进行解决，优化了工艺参数。

论文第七部分介绍了本课题所取得的技术突破，多项先进的技术、装置在行业上有强烈的示范作用及推广价值。最后，指出了有待进一步深入研究的问题。

关键词： 生产技术 全连续 自动化 乳化炸药

Abstract

Also known as industrial explosives for civil explosives and flammable agents are oxidizing agents as the main body, in accordance with the oxidized form of the explosive mixture of equilibrium theory, a non-ideal explosives. Refers to a class of emulsion explosive was prepared by emulsifying the oil-water emulsion-type water-resistant explosive, oxidizing solution is based on the fine droplets as dispersed phase, suspended in the presence of dispersed bubbles or hollow glass microspheres of similar material composition of the continuous oil medium, the formation of a special water-in-oil emulsion system. In recent years, with the blasting technique has been applied more widely, the production of industrial explosives, has also been rapid development of process technology, products, technology, continuous improvement, continuous and automatic use of technology has brought the improvement of industrial explosives production technology and production methods change, a group of excellent product performance, equipment and advanced technology, production line layout is reasonable, in essence, significantly improved the safety of modern garden-style explosives manufacturers across the country emerged ideas on the industry changes and technological upgrading has played a positive boost.

Papers on all continuous and automatic emulsion explosive production line of the necessity and feasibility study, based on production line capacity calculation of technical parameters; then according to technical parameters of all continuous, automated production processes and automatic control of the program preliminary design and then through research and analysis, demonstration and improvement program proposed by argumentation; pursuant to the program for the manufacturing equipment selection; Finally, the process of pilot production equipment tuning and optimization of process parameters, find the best process parameters to achieve full-continuous, emulsion explosive production line automated high-quality, high efficiency and safety.

The first part of the state sector management in the civil explosive sector policies, capital and other adjustments, the people of the country in recent years, development

of critical industry technology and industrial technology development plan for a brief introduction, noting that continuous, automated production technology importance, and further proposed to study the problem in this paper.

The second part introduces the theory of industrial explosives, a brief description of the characteristics of emulsion explosives, focusing on the continuous, automated production line of emulsion explosive technology features, and a similar study at home and abroad, similar techniques were compared

The third part describes the transformation of the whole production system design, technical approach and process technology roadmap, technological transformation of production systems security analysis; describes the selection of major equipment production system and equipment for a security analysis.

The fourth part of the paper introduces the application of ammonium nitrate solution, the system of automatic and continuous pharmaceutical emulsion explosives technology, through the selection of spray equipment, steel cooling cold medicine cold medicine to improve efficiency and reduce the amount of online storage drug, the rapid Min foaming technology system implementation of semi-automatic continuous foam, charging machine belt feeding completed by the drug delivery to achieve a continuous feeding. In order to achieve the full explosive continuous production process.

Paper introduces the fifth part of the overall structure of the automation control system, ammonium nitrate solution systems, pharmaceutical and continuous sensitization of continuous automatic control system design, combined with auto-sensing, remote video surveillance, computer control, to achieve pharmaceutical, cold medicine and sensitization process fully automated production process control and improve the production of essential safety and equipment reliability.

Part VI describes the paper work plan for pilot production program of commissioning the equipment on the basis of empty raw material testing, low-volume production test system, full range of small series production, series production line of the debugging stages of on-site to resolve problems in a timely manner to optimize the process parameters.

Paper introduced the topic of Part VII of the technological breakthroughs achieved, a number of advanced technologies, devices in the industry have a strong demonstration effect and promote value. Points out the need further study.

KEY WORDS: production technology continuous automatic
emulsion explosive

目 录

第一章 概 述	1
1.1 课题背景.....	1
1.2 国内民爆行业技术的发展状况.....	1
1.3 企业技术现状.....	2
1.4 提出问题.....	2
1.5 课题研究的主要内容.....	3
第二章 乳化工艺技术特点	5
2.1 项目技术基础.....	5
2.2 工业炸药理论.....	5
2.3 乳化工艺技术特点.....	9
2.4 项目建设原则.....	10
2.5 该项目与当前国内同类研究、同类技术的综合比较.....	10
第三章 生产系统总体设计方案及设备选型	12
3.1 设计思想与技术途径.....	12
3.2 生产系统设计依据.....	13
3.3 工艺技术路线设计.....	13
3.4 技术改造及安全性研究.....	14
3.5 连续化生产计算与设备选型.....	16
3.6 生产设备的安全性研究.....	23
第四章 连续化生产工艺的设计	26
4.1 硝酸铵溶液应用系统设计.....	26
4.2 连续乳化制药工艺技术.....	29
4.3 连续冷却和连续敏化.....	30
4.4 悬挂式轨道运输车系统的开发应用.....	31
4.5 设计输送皮带将成品炸药箱连续送至防爆土堤外.....	32
4.6 连续化工艺设计小结.....	32
第五章 自动化控制系统的设计	34
5.1 概述.....	34
5.2 自动化控制系统的基本要求和设计依据.....	34
5.3 系统的构成及工作原理.....	35
5.4 自动化控制系统总体结构.....	36

5.5 自动控制实际目标要求	39
5.6 自动控制主要操作界面	40
第六章 设备的调试与参数优化	45
6.1 设备调试	45
6.2 带料试生产	47
6.3 试生产工作总结	52
6.4 乳化炸药生产中的安全性研究	53
第七章 结论及展望	55
7.1 课题预期达到的水平	55
7.2 技术创新点	55
7.3 有待深入研究问题	56
参考文献	58
致 谢	60

第一章 概 述

本章首先分析了国家行业管理部门在民爆行业政策、资金等方面的调整,对近年来全国民爆行业的技术发展状况和行业技术发展规划进行简要的介绍,指出连续化、自动化生产技术的重要性,并进一步提出所要研究的问题。

1.1 课题背景

近年来,国家行业管理部门在民爆行业政策调整上突出了“规模化”,就是要“贯彻扶优扶强原则,培育骨干企业,发展规模经济”,“要在政策、资金等方面向骨干企业倾斜,培养一批对民爆行业整体发展有影响、能够参与国际市场竞争的优势骨干企业”。国家行业管理部门已明确提出行业技术发展的目标和技术改造要求,并在政策上鼓励扶持行业高新技术的开发运用。《工业炸药连续生产工艺安全技术研讨会纪要》提出:“今后应大力发展工业炸药连续化、自动化生产线;新建或改扩建生产线应能实现从原材料制备到装药、包装全线连续化及自动控制,并在此基础上实现工房联建。”国防科工委《民用爆破器材行业“十一五”规划纲要》指出:“开发应用粉状炸药连续化、自动化生产设备及工艺,逐步取代落后的手工装药工艺”^[1]。

在国家行业管理部门相关政策鼓励和支持下,工业炸药的生产工艺技术得到迅猛发展,产品技术的不断改进,连续化、自动化技术的运用,带来了工业炸药生产技术的提高和生产方式的改变,一批产品性能优良、设备和工艺先进、生产线布局合理、本质安全程度明显提高的花园式现代化炸药生产企业在全国各地涌现,对全行业思想观念的转变和技术水平的提高起到了积极的推动作用。

1.2 国内民爆行业技术的发展状况

“九五”以来,工业炸药的生产工艺技术得到了迅猛发展,逐步摆脱传统的间断式手工作业方式,向连续化、自动化、微机控制生产线转化;由过去生产厂家多、规模普遍较小的状况逐步向规模巨大、实力雄厚的民爆企业方向发展。特别是乳化炸药生产线基本实现了连续化、自动化。而国内许多企业一方面通过改

制改组、兼并重组组建大型企业集团，增强了综合竞争力，如山东银光化工股份有限公司、山西广灵精华化工有限责任公司、湖南南岭民爆器材股份有限公司、云南燃料一厂等；另一方面，山西、山东等地的一些企业积极引进外资，计划利用国外民爆企业的雄厚资金和技术力量，投建超大型（年产工业炸药达 70000 吨）的生产企业，方案已得到国家行业管理部门的肯定与支持。

目前，我国民爆行业的一个主要特点是生产厂家多，规模普遍较小，缺乏具有明显优势的大型骨干企业，加上经营流通上的地区封锁和部门垄断，很大程度限制了行业内的发展，影响了整个行业的竞争力和产业升级步伐。随着民爆行业对外开放，参与国际市场竞争，直接面对的是欧美发达国家规模巨大、实力雄厚的民爆企业的严峻挑战，不加快改革，无异于坐以待毙。新建全连续自动化乳化炸药生产线是提升企业技术水平，提高本质安全性的需要，符合民爆行业“十一五”的发展方向。

1.3 企业技术现状

作为省内规模较大的民爆生产企业，公司始终保有强烈的发展意识，经过近几年的努力拼搏和发展壮大，企业已跻身于全国同行业前列。但是，这只能说是具备了进一步做大做强企业的基础条件。现在，行业改革、发展的速度逐步加快，企业必须顺应行业改革发展方向，着眼于发展规模经营。面对日益激烈的全国竞争和国际竞争，公司必须充分发挥现有优势，积极争取各级行业管理部门的支持，抢抓机遇，加快发展壮大。为此，必须立足民爆主业，以行业政策为指导，加快生产线的技术改造，坚持集约经营和规模经营，逐步做大做强企业。

比照全国民爆行业的技术发展状况和行业技术发展规划的要求，公司的乳化炸药生产技术有待提高。尤其从企业内部提高生产效率、降低生产成本、保证安全和质量、增强核心竞争力和综合实力的需要看，依靠科技进步，提高产品科技含量，加强并坚持集约化和规模化经营，逐步做大做强企业更是迫在眉睫。

1.4 提出问题

公司原有 FY 型乳化炸药生产线工房破旧，设备老化，工艺布局不合理，生

产工艺相对滞后，连续化、自动化程度水平较低，多数工序还为手工作业，劳动强度大，生产效率低，且在线作业人员多，与目前发展的连续制药、自动装药和自动包装技术构成的连续化自动化生产技术相比，已经落后，亟待改进提高。特别是以下几个方面可以得到进一步的改进：

1、长期以来使用结晶硝酸铵

工业炸药生产均采用结晶硝酸铵，在设计中既要考虑庞大的硝酸铵库又要设计大吨位的硝酸铵溶化槽，蒸汽消耗大，资源浪费严重。可以借鉴国外直接使用硝酸铵溶液的做法，以减少能源能耗、降低成本。

2、配料过程精度较差

一般工厂的油水相原材料的配比，是以油水相储罐的下料管和阀门控制，计量精度较差，影响产品质量，这就是开发以质量（电磁）流量计为检测核心的配料系统的目的。

3、传统风冷凉药占地面积大，效率低

传统风冷式凉药占地面积大，凉药效果差，在产能 2 吨以及常温条件下，降温幅度在 10 度以内。若产能在 3.5 吨时，往往无法满足凉药要求，需要增加其它凉药措施，急需寻找一种高效新式设备代替。

4、自动化程度不高

硝酸铵溶化的加料量靠人工计数，温度监测、蒸汽阀门的开关也靠人工完成，设备的开停大多由现场人工操作，劳动强度高，整体自动化水平低。

5、半成品输送依靠人工手推车

制药工房至装药包装工房的半成品运输，一直以来采用的是人工手推车方式，不仅劳动强度大，而且用人多，成为连续化生产线的瓶颈。

1.5 课题研究的主要内容

通过改进原有工艺技术、工装设备的不足，积极吸收借鉴其它先进工艺、装备技术，采用远程控制技术，建设一条全连续化、自动化乳化炸药生产线。该生产线采用乳化制药与凉药敏化联建、装药与包装联建工艺，两工房之间采用悬挂式炸药输送小车系统，实现半成品的自动连续输送，最后将包装好的成品箱直接用皮带（可拐弯）运输至防护土堤外的危险品运输车上。

该生产线的硝酸铵溶液加料、称重、加水、配料、溶化、制药、敏化均进行远程自动控制。采用液态硝酸铵系统、水相选用电磁流量计、复合油相选用质量流量计，组成一套自动化、连续化的配料系统，复合油相原材料的量以水相硝酸铵溶液为基准，根据配比要求，由控制系统自动增加或减少输送量。乳化器制药合格的乳化基质采用喷淋式钢带凉药机进行冷却，然后加入敏化剂和催化剂发泡，形成合格的乳化炸药后，用悬挂式炸药输送小车系统将炸药输送往装药工序，提高生产效率和减少在线存药量。

由 25 头自动装药机、德国进口保利卡机，自动包装机组成自动装药、包装生产线；半成品通过皮带输送至 25 头自动装药机装药，药卷由输送皮带送至自动包装机进行中包、装箱、封箱、捆扎，最后成品由皮带送至防爆土堤外装车。

结合采用自动传感、远程视频监控、微机控制等组成的自动控制系统，实现乳化制药、凉药敏化工序的自动化远程控制，对整条生产线进行实时监控，提高生产线的本质安全和设备运行的可靠性。

第二章 乳化工艺技术特点

本章首先介绍了工业炸药理论，简单叙述岩石乳化炸药的特点，着重介绍了连续乳化制药和连续冷却敏化的工艺技术特点，并对当前国内外同类研究、同类技术进行了综合比较。

2.1 项目技术基础

公司采用的乳化炸药生产技术是由安徽某研究院自主开发的一项新的生产技术，目前在国内同类技术中居于领先地位，并已达到国际先进水平，技术成果转让最多。自 2000 年立项开发以来，已建成投产的连续化自动化生产线有 10 条，正在建设的有 15 条，分布在全国 15 个省市，如广东某化工厂、南京某厂和浙江各地厂家等。在二十多年的生产实践中积累了丰富的经验，包括关键技术的掌握、设备的维护保养、成品及半成品质量控制等方面，特别是在生产线的自动控制方面做了许多探索。

工业炸药的生产随着工艺技术迅猛发展，逐步摆脱了传统的间断式手工作业方式，向连续化、自动化、微机控制生产线转化。为摆脱落后的生产技术，提高企业的竞争力，2007 年开始筹建的年产 12000 吨乳化炸药生产线，采用了多种先进技术、设备，在自动化与连续化方面又有了很大的提高。主要包括：使用了自动配料系统确保了配比的准确性与稳定性；采用了喷淋式钢带冷却凉药机实现大产能乳化基质的降温，提高了生产能力；采用了连续快速敏化发泡技术，确保发泡后的炸药能及时装药；使用悬挂式炸药输送小车系统，实现了制药工房与装药工房之间半成品的自动输送。

基于该生产技术的成熟可靠，因此通过改进现有工艺技术、工装设备的不足，吸收借鉴其它工艺技术的可取之处，在此基础上建成一条较为先进的生产线是可行的。

2.2 工业炸药理论

1. 炸药的定义

炸药是指能够发生化学爆炸的物质，包括化合物（单体炸药）和混合物，狭

义上看是指爆炸做功的主要装药，包括猛炸药和起爆药，主要化学变化形式为爆轰或者说主要利用其爆轰性能^[2]。

广义上看，火药，烟火剂也属于炸药的范畴，但主要利用其燃烧性能。

炸药具有的特点有：^[3]

(1) 高能量密度——单位体积内能量高，这从表 2、1 中可以清楚的看出。

表 2、1 炸药和燃料混合物的含能量（燃烧或爆炸放出的热量）

物质名称	单位质量含能量 $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	单位体积含能量 $\text{kJ}\cdot\text{L}^{-1}$
汽油和氧气化学计量混合物	7950	19.6
碳和氧气的化学计量混合物	8943	17.6
氢气和氧气的混合物	13433	7.2
黑火药（密度为 $1.2\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ）	2782	3384
梯恩梯（密度为 $1.6\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ）	4180	6688
硝化甘油（密度为 $1.6\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ）	6280	10048
硝化棉（密度为 $1.3\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ）	4289	5575

(2) 强自行活化物质

炸药在外部激发能作用下发生爆炸后，在不需外界补充任何条件和没有外来物质参与下，爆炸反应即能以极快速度自持进行，并直至反应完毕。

表 2、2 炸药爆热、活化能及其比值

炸 药	$Q_v/\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	$E/\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ (分解活化能)	Q_v/E
TNT	1093	223.8	4.6
PETN	1944	163.2	11.9
RDX	1404	213.4	6.6
HMX	1832	220.5	8.3

表 2、2 是几种炸药的爆热和分解活化能，从数值上权且可以这么说 1mol TNT

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库